Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 2, Summer 2020, p. 181-195

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۹۵-۱۸۱

مقاله علمی- پژوهشی

اثر منبع کاتیونی و DCAD جیره گاو شیری بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه در شرایط برون تنی

یاسر فیض‌دار برآبادی[۱]، سید احسان غیاثی[۲*]، محمد باقر منتظر تربتی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۲

چکیده

برای بررسی اثرات منبع کاتیون و سطح اختلاف کاتیون - آنیون (DCAD) جیره گاو شیری بر ویژگی‌های تخمیر میکروبی از آزمایش تولید گاز و کشت ثابت استفاده شد. فراسنجه‌های تولید گاز، زمان متناظر با نصف حداکثر گاز تولیدی($t_{0.5}$)، اسیدیته شکمبه و تجزیه‌پذیری ماده خشک (DMD) در قالب آزمایش فاکتوریل ۲×۲×۳ اندازه گیری شد. عوامل مؤثر شامل DCAD (meq/kgDM ۱۵۰+، ۲۵۰+ و ۳۵۰+)، منابع پتاسیمی (کربنات پتاسیم بدون آب(KC) و کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات (KCS)) و منابع منیزیمی (اکسید منیزیم (MO) و کربنات منیزیم (MC)) بود. نتایج تفاوت معنی داری در فراسنجه‌های تولید گاز، $t_{0.5}$، pH مایع شکمبه و DMD، بین تیمارها نشان داد. تیمار با DCAD ۱۵۰+ حاوی دو منبع KC و MC بیشترین حجم گاز تولیدی در ۱۲۰ ساعت انکوباسیون، بیشترین پتانسیل تولید گاز و بیشترین مقدار c را نشان داد. در این تیمار از آنجایی که نرخ تخمیر بالاتر بود، زمان $t_{0.5}$ کاهش یافت. تفاوت تابعیت گاز تولیدی از تجزیه‌پذیری ماده خشک بین سطوح مختلف DCAD نیز به لحاظ آماری معنی‌دار بود، بطوریکه DCAD ۲۵۰+ و ۳۵۰+ میلی‌اکی‌والان احتمالاً از طریق بهبود شرایط محیط کشت به نفع جمعیت میکروبی شکمبه باعث افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک و درنتیجه افزایش گاز تولیدی شد. استفاده از منبع KCS باعث کاهش نرخ تخمیر و افزایش تداوم تخمیر شد که این تداوم قابلیت هضم ماده خشک را افزایش داد. به طور کلی می‌توان گفت که استفاده از منابع KC وMC با سطح DCAD ۲۵۰+، باعث بهبود شرایط تخمیر شکمبه می‌شود، ولی استفاده از منبع KCS به طور خاص باعث افزایش DMD میگردد.

واژه‌های کلیدی : تخمیر شکمبه، تجزیه پذیری، اختلاف کاتیون - آنیون جیره، تولید گاز، منابع کاتیون.

مقدمه

هزینه خوراک در گاو شیری بیش از ۷۰ درصد هزینه‌های تولید شیر را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین در بین تولیدکنندگان علاقه‌مندی زیادی به بهبود ضریب تبدیل و افزایش بازدهی هضم شکمبه ای وجود دارد. اختلاف کاتیون - آنیون جیره (DCAD[۳]) یک موضوع قابل توجه در تغذیه گاو شیری در دو دهه اخیر بوده است چراکه تنظیم این فراسنجه در جیره در بهبود عملکرد حیوان نقش مهمی ایفا می‌کند (۲۶). مواد معدنی علاوه بر نقش ساختاری و تنظیم‌کنندگی، بر تعادل اسید و باز مایعات بدن و واکنش‌های بیوشیمیایی اثر بارزی دارند. اختلاف کاتیون - آنیون جیره می‌تواند در پیشگیری از تب شیر در گاو شیری، رشد مناسب گوساله‌های شیری، رشد بره‌ها و طیور اثرات معنی‌داری داشته باشد (۲۱). مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که اختلاف کاتیون - آنیون اثرات بارزی بر روی تعادل اسید و باز مایعات بدن، عملکرد و تولید دام‌ها دارد (۲۱و۲۵).

در دهه اخیر تحقیقات متعددی در زمینه استفاده از مواد معدنی در جیره و اثرات متقابل آنها بر روی افزایش مصرف ماده خشک انجام شده است. اثرات متقابل بین آنیون‌ها و کاتیون‌های خاص خوراک، توجه متخصصین گاو شیری را به خاطر اثرات سودمند آن بر تولید حیوان جلب نموده و اهمیت کنترل اختلاف کاتیون - آنیون جیره در جیره نویسی گاو شیری به خوبی مشخص شده است (۲۲). دستکاری اختلاف کاتیون - آنیون جیره، با تقویت بی‌کربنات خون و سیستم بافری بدن در خنثی نمودن اسید حاصل از سوخت و ساز مواد غذایی مؤثر بوده و افزایش تولید شیر را بدنبال خواهد داشت (۱۳). قدرت نما و همکاران (۱۰) بیان کردند که تغییرات DCAD از ۱۵۰+ تا ۷۵۰+ میلی اکی والان در کیلوگرم ماده خشک، ضمن افزایش pH شکمبه، سبب افزایش غلظت استات و کاهش غلظت پروپیونات می گردد.

۱- دانشجوی دکترای تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
(*- ایمیل نویسنده مسئول: Email:s.e.ghiasi@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i2.79409
3- Dietary Cation – Anion Difference

مهمترین منابع پتاسیم مورد استفاده در جیره دام در حال حاضر کربنات و بی‌کربنات پتاسیم ۱/۵ آبه می‌باشد (۲۰). افزودن کربنات پتاسیم آبدار به جیره گاو شیری مصرف ماده خشک، چربی شیر و تولید شیر به ازای هر واحد ماده خشک مصرفی را بالا می برد (۱۲). آلفونس – اویلا و همکاران (۱) نشان دادند که با افزایش کربنات پتاسیم به جیره غلظت پتاسیم در شکمبه افزایش می‌یابد و نتیجه گرفتند که متابولیسم مواد معدنی در شکمبه وجود دارد. ایوانیوک و همکاران (۱۵) نشان دادند که افزایش DCAD از ۲۵۷+ به ۶۰۳+ میلی‌اکی‌والان، مصرف ماده خشک را از۲۲/۳+ به ۲۳/۶+ کیلوگرم در روز افزایش می‌دهد. افزایش DCAD باعث افزایش pH و ظرفیت بافری شکمبه شده که خود منجر به افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار تولیدی در شکمبه و بهبود عملکرد شکمبه و سرعت عبور بالاتر مواد هضمی می‌شود که این خالی شدن شکمبه منجر به افزایش مصرف ماده خشک می‌گردد (۱۲). تحقیقات نشان می‌دهد بی‌کربنات سدیم، اکسید منیزیم، کربنات منیزیم و دیگر مکمل‌های معدنی، بافرهای مؤثری در تغذیه دام هستند (۹). گاو شیری به عرضه جیره‌ای منیزیم قابل جذب برای حفظ غلظت مطلوب منیزیم و هموستازی در خون و مایعات خارج سلولی نیاز دارند (۲۰). بیده (۵) بیان کرد که کربنات منیزیم از سنگ‌های معدنی و یا در موارد نادر به طور مستقیم از زمین استخراج می‌شود. کربنات منیزیم از طریق حرارت منجر به تولید اکسید منیزیم شده که این فرآیند سبب افزایش ظرفیت بافری و بدنبال آن سبب افزایش pH شکمبه می‌گردد. افزودن اکسید منیزیم در مقابل بیکربنات سدیم به جیره باعث افزایش pH شد ولی زمان ماندگاری pH در سطح بالا در منبع اکسید منیزیم نسبت به کربنات منیزیم کمتر بود (۱). به طور کلی در مورد اثرات متقابل منبع و اختلاف کاتیون – آنیون بر متابولیسم شکمبه و بهینه سازی منابع با توجه به اثری که بر متابولیسم میکروبی می گذارند، اطلاعات اندکی در دست است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر منبع و اختلاف کاتیون – آنیون بر پایه جیره گاو شیری بر تغییرات pH و ویژگی های تخمیر میکروبی شکمبه و تجزیه پذیری ماده خشک در شرایط برون‌تنی می‌باشد.

مواد و روش ها

جیره‌های آزمایشی برای استفاده در روش تولید گاز بر اساس تأمین نیازهای متابولیکی گاو شیری با استفاده از نرم افزار جیره نویسی برای گاو شیری در اوایل شیردهی با میانگین۵۸۰ کیلوگرم وزن بدن، سن ۲۵ ماهگی و تولید روزانه ۳۵ کیلوگرم تنظیم شد (۲۰) (جدول ۱). سپس نمونه‌های آزمایشی با آسیاب و غربال یک میلی‌متری پودر شده و ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، NDF و ADF آنها مطابق با توصیه‌های AOAC (۲) تعیین شد. در مرحله بعد غلظت عناصر کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم با استفاده از روش جذب اتمی (مدل700 analytik jena- contraa) و فسفر و گوگرد با روش رنگ سنجی و دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل SHIMADZU- Biospec- 1601) و کلر با روش گراویمتری تعیین شد. بدین منظور ۵ گرم نمونه با ۲۰ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۵ ٪ داخل کروزه ریخته شد. پس از خشک شدن کروزه‌ها در کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۸ ساعت قرار گرفت تا خاکستر سفید شود. پس از سرد شدن محتوای کروزه‌ها در آب داغ حل شد و با کاغذ صافی بدون خاکستر صاف شد (محلول۱). باقیمانده روی کاغذ صافی دوباره به کروزه انتقال داده شد تا درکوره خاکستر شود. خاکستر بدست آمده در اسید نیتریک (۱+۴) حل شده وصاف شد(محلول۲) . محلول ۱ و ۲ با هم ترکیب شده و به حجم۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. به محلول فوق نیترات نقره ۱۰ ٪ اضافه شد تا لخته تشکیل شود. لخته با کاغذ صافی صاف شد و در دمای ۱۵۰ – ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و وزن گردید. در مرحله آخر درصد کلر در رسوب کلرید نقره محاسبه شد (AOAC متود ۹۲۸/۰۴). سپس اختلاف کاتیون – آنیون جیره پایه بر اساس معادله گاف و همکاران (۱۱) تعیین شد. به منظور بررسی اثر منبع مکمل کاتیونی و سطوح مختلف اختلاف کاتیون – آنیون جیره گاو شیری بر کنتیک تولید گاز و تجزیه‌پذیری ظاهری ماده خشک از آزمایش تولید گاز به روش نیمه اتوماتیک با ۱۵ تکرار و ۲ اجرا استفاده شد (۶). در این روش ابتدا مایع شکمبه قبل از تغذیه صبح از ۳ رأس گاو هلشتاین دارای فیستولای شکمبه ای واقع در واحد دامپروری دانشکده کشاورزی بیرجند با میانگین وزن ۳۰ ± ۶۰۰ کیلوگرم، که با نسبت کنسانتره به علوفه ۶۰ به ۴۰ تغذیه می‌شدند، به وسیله پمپ جمع آوری شد. محتویات شکمبه به وسیله چهار لایه پارچه متقال صاف شد و سپس به صورت بی‌هوازی درون بطری، داخل فلاسک عایق حاوی آب گرم ۳۹ درجه قرار داده شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت اطمینان از بی‌هوازی بودن مایع شکمبه صاف شده گاز دی اکسید کربن به داخل شیشه‌ها تزریق گردید و قبل از استفاده جهت انکوباسیون در حمام آب گرم (۳۹ درجه) قرار گرفت. نمک‌های کاتیونی (کربنات پتاسیم بدون آب (حاوی۵۶/۵۸ درصد پتاسیم) (KC[1])، کربنات پتاسیم سسکویی هیدرات (حاوی۴۷/۳۲ درصد پتاسیم) (KCS[2])، اکسید منیزیم (حاوی ۶۰/۳ درصد منیزیم) (MO[3]) و کربنات منیزیم (حاوی ۲۵/۰۲ درصد منیزیم) (MC[4])) به عنوان درصدی از جیره و بر مبنای معادله تنظیم DCAD جهت رسیدن به

1- potassium carbonate
2- potassium carbonate 1.5 H2O
3- Magnesium oxide
4- Magnesium carbonate

توازن های مورد نظر و محتوای ماده معدنی جیره پایه به شکل محلول‌های میکرولیتری با سمپلر به محیط کشت اضافه شد، سپس۵۰۰ میلی گرم نمونه ماده خشک و۵۰ میلی لیتر مخلوط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی (به نسبت ۱: ۲) در شیشه‌های ۱۲۰ میلی لیتری بی‌هوازی مخلوط شده و در دستگاه انکوباتور قرار داده شد. به منظور تصحیح گاز تولیدی با منشاء مایع شکمبه تعداد ۳ عدد شیشه بدون ماده غذایی و فقط دارای مخلوط مایع شکمبه و بافر برای هر زمان به عنوان بلنک در نظر گرفته شد. فشار گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲، ۹۶و ۱۲۰ ساعت از آغاز انکوباسیون بر اساس کیلو پاسکال و با تخلیه در نقطه قرائت توسط فشار سنج کمی (CPG 2400, Sensor) اندازه گیری شد و به معادل حجمی در شرایط فشار و دمای استاندارد (فشار ۱ اتمسفر و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) تبدیل شد. برای اندازه‌گیری ماده خشک هضم شده حقیقی از محیط کشت و شرایط روش تولید گاز به شیوه کشت ثابت با سه تکرار برای هر فراسنجه استفاده شد. جهت توقف فعالیت میکروبی و اندازه‌گیری pH و قابلیت هضم ماده خشک ویال‌ها به داخل آب سرد منتقل گردید. اندازه‌گیری pH محیط کشت در زمان‌های ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از انکوباسیون توسط pHمتر دیجیتال مدل Metrohm 727 pH lab انجام شد. تجزیه‌پذیری ظاهری ماده خشک در زمان‌های ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت اندازه‌گیری شد (۹).

تیمار های آزمایشی

ترکیب تیمارهای آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل به شرح زیر بود:

۱- جیره پایه، ۱۵۰ DCAD، منبع کاتیون KC و MO
۲- جیره پایه، ۱۵۰ DCAD، منبع کاتیون KC و MC
۳- جیره پایه، ۱۵۰ DCAD، منبع کاتیون KCS و MO
۴- جیره پایه، ۱۵۰ DCAD، منبع کاتیون KCS و MC
۵- جیره پایه، ۲۵۰ DCAD، منبع کاتیون KC و MO
۶- جیره پایه، ۲۵۰ DCAD، منبع کاتیون KC و MC
۷- جیره پایه، ۲۵۰ DCAD، منبع کاتیون KCS و MO
۸- جیره پایه، ۲۵۰ DCAD، منبع کاتیون KCS و MC
۹- جیره پایه، ۳۵۰ DCAD، منبع کاتیون KC و MO
۱۰- جیره پایه، ۳۵۰ DCAD، منبع کاتیون KC و MC
۱۱- جیره پایه، ۳۵۰ DCAD، منبع کاتیون KCS و MO
۱۲- جیره پایه، ۳۵۰ DCAD، منبع کاتیون KCS و MC

معادلات و روش های آماری

از مدل نمایی شفولد $P=v(1-\exp(-k(t)))$ (۲۴) برای برازش داده‌های تولید گاز با به کارگیری رویه NLIN نرم افزار آماری SAS به شیوه رگرسیون غیر خطی (۲۳) استفاده گردید. در این مدل p گاز تولیدی،v گاز مرتبط با سوبسترای دارای پتانسیل تخمیر و k نرخ تولید گاز در زمان t است. داده‌های به دست آمده از آزمون تولید گاز در قالب آزمایش فاکتوریل با سه سطح DCAD، دو نوع منبع مکمل پتاسیمی و دو نوع منبع مکمل منیزیمی با ۱۲ تیمار و ۱۵تکرار برای هرتیمار با استفاده از نرم افزار SAS (۲۳) رویه مدل خطی عمومی (GLM) تجزیه و تحلیل آماری شده و برای مقایسه میانگین ها از آزمون توکی کرامر در سطح ۵٪ خطا استفاده شد. مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر می‌باشد. برای تحلیل داده‌های تکرار دار در زمان از روش Repeated measure و رویه آماری GLM استفاده شد.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijkl}$$

Y_{ijk} : مقدار هر مشاهده

μ : میانگین کل

A_i: اثر سطح i ام عامل A

B_j: اثر سطح j ام عامل B

C_k: اثر سطح k ام عامل C

AB_{ij}: اثر متقابل سطح i ام از عامل A با سطح j ام از عامل B

AC_{ik}: اثر متقابل سطح i ام از عامل A با سطح k ام از عامل C

BC_{jk} :اثر متقابل سطح j ام از عامل B با سطح k ام از عامل C

ABC_{ijk} : اثر متقابل سطح i ام از عامل A با سطح j ام از عامل B با سطح k ام از عامل C

e_{ijkl} : اثر خطای آزمایشی

نتایج و بحث

فراسنجه‌های تخمیری مدل شفولد بر اساس داده های بدست آمده از آزمایش تولید گاز و فراسنجه‌های محاسباتی مرتبط در زمان $t_{0/5}$ در جدول (۲) گزارش شده است. براساس این نتایج تفاوت الگوی تخمیر از دیدگاه نرخ و پتانسیل تولید بین تیمارها معنی‌دار بود ($P<0.05$). نتایج نشان می‌دهد که کل گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان‌های مختلف انکوباسیون بین تیمارها تفاوت معنی‌دار دارد ($P<0.05$).

جدول ۱- ترکیب اجزاء تشکیل دهنده و مواد مغذی جیره های آزمایشی (بر اساس درصد ماده خشک)

Table 1- Composition and ingredients of experimental diets (basis of % DM)

محتویات Ingredients	تیمارهای آزمایشی[۱] Treatments[1]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
یونجه Alfalfa	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41
سیلاژ ذرت Corn silage	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37	17.37
دانه جو Barley grain	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27
دانه ذرت Corn grain	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29
کنجاله سویا Soybean meal	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73
کنجاله تخم پنبه Cotton seed meal	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94
سبوس گندم Wheat bran	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062	2.062
کنجاله کانوا Canola meal	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
پودر ماهی Fish meal	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
نمک Salt	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
ویتامین پرمیکس[۲] vit.permix[2]	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
کرینات پتاسیم بدون آب KC[3]	0.0056	0.0055	–	–	0.0118	0.0118	–	–	0.018	0.018	–	–
کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات KCS[4]	–	–	0.0067	0.0066	–	–	0.0141	0.0141	–	–	0.0215	0.0215
اکسید منیزیم MO[5]	0.00125	–	0.0012	–	0.0026	–	0.0026	–	0.004	–	0.004	–
کربنات منیزیم MC[6]	–	0.0029	–	0.00295	–	0.0061	–	0.0062	–	0.0095	–	0.0096
ترکیب شیمیایی محاسبه شده (٪) Calculated composition (%)												
انرژی خالص شیردهی (Mcal/kg) NE_L	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
انرژی قابل متابولیسم ME (Mcal/kg)	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
پروتئین خام CP	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ADF	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
فیبر نامحلول در شوینده خنثی NDF	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1

کربوهیدرات غیر الیافی NFC	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
کلسیم Ca	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206
سدیم Na	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192
پتاسیم K	1.308	1.303	1.307	1.300	1.651	1.647	1.648	1.644	1.994	1.988	1.989	1.984
منیزیم Mg	0.418	0.414	0.417	0.415	0.496	0.491	0.496	0.493	0.578	0.573	0.577	0.574
کلر Cl	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.795	0.770
فسفر P	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
گوگرد S	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345
اختلاف آنیون - کاتیون جیره[۳] DCAD [3] (MEq/kg)	150	150	150	150	250	250	250	250	350	350	350	350

[۱] هر تیمار از ۱ تا ۱۲ شامل دو منبع پتاسیم و منیزیم، یک سطح اختلاف آنیون–کاتیون جیره است در همه تیمارها نسبت پتاسیم به منیزیم ۴/۲ ثابت در نظر گرفته شده است.
[1] Each treatment from 1 to 12 containing two sources of potassium and magnesium, and one level of DCAD in all treatment the ratio of K to Mg was fixed to 4.2 (NRC,2001).
[2] permix including: standard commercial mix of Fe, Mn, Zn, Se, Cu, I, and Vitamins of A, D_3,H_2, B_1, B_2, B_3, B_5, B_6, B_9, B_{12}, K_3, and Antioxidant.
[3] DCAD (MEq/KgDM) = (Na+K+0.15Ca+0.15Mg) - (Cl+0.2S+0.3P) (Goff et al. 1997).

تیمار حاوی سطح DCAD ۱۵۰ میلی‌اکی والان با دو منبع کربنات پتاسیم بدون آب و کربنات منیزیم بیشترین حجم گاز تولیدی در ۱۲۰ ساعت انکوباسیون، بیشترین پتانسیل تولید گاز (v)، و بیشترین نرخ تولید گاز(k) را به خود اختصاص داده است. طبق انتظار تیمار حاوی DCAD ۱۵۰+ میلی‌اکی والان با دو منبع کربنات پتاسیم بدون آب و کربنات منیزیم بیشترین گاز تولیدی در زمان $t_{.5}$ (نیمه عمر انکوباسیون یا زمانی که نرخ تجزیه میکروارگانیسم‌ها در حداقل مقدار خود می‌باشد) را نیز به خود اختصاص داده است. ولی در این تیمار از آنجایی که نرخ تخمیر بالاتر بوده، زمان رسیدن به نصف پتانسیل تولید گاز پایین‌تر می‌باشد. بنابراین این تیمار باعث بهبود شرایط تخمیر در ساعات اولیه می‌شود و در نتیجه فاز سکون سریع‌تر شروع می‌شود. برای همین منابع کربنات پتاسیم بدون آب و کربنات منیزیم هنگامی که DCAD از ۱۵۰+ به ۲۵۰+ میلی‌اکی‌والان افزایش می‌یابد، پتانسیل تولید گاز، کل گاز تولیدی در ۱۲۰ ساعت وگاز تولیدی در زمان $t_{.5}$ در کمترین مقدار خود می باشد اما زمان رسیدن به نصف پتانسیل تولید گاز بین این دو سطح DCAD اختلاف معناداری نداشت. بیشترین زمان $t_{.5}$ مربوط به تیمار حاوی سطح اختلاف کاتیون – آنیون ۲۵۰+ میلی‌اکی‌والان بود که از دو منبع کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات و اکسید منیزیم استفاده شده بود. این افزایش می‌تواند معنای حفظ شرایط بهینه محیط کشت به لحاظ بافری به مدت طولانی‌تری نسبت به سایر تیمارها باشد.

نتایج نشان می‌دهد که اثرات اصلی دو منبع پتاسیم اختلاف معنادار آماری دارد به طوری که کربنات پتاسیم نسبت به کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات پتانسل تولید گاز و نرخ تخمیر بالاتری دارد. بنابراین انتظار می‌رود منبع کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات که نرخ تخمیر پایین‌تری دارد، تداوم تخمیر بالاتری داشته که افزایش تداوم تخمیر باعث افزایش قابلیت هضم و همچنین افزایش قابلیت هضم NDF می‌گردد. وست و همکاران (۲۸) بیان کردند که کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات ظرفیت بافری و پاسخ تولیدی بالاتری در مقایسه با بی‌کربنات پتاسیم دارد. منابع منیزیم مورد استفاده در این تحقیق از دیدگاه نرخ تخمیر و زمان $t_{.5}$ با یکدیگراختلاف معنادار آماری نداشتند؛ ولی از نظر تولید گاز با یکدیگر اختلاف داشتند و به نظر می‌رسد که اکسید منیزیم باعث بهبود شرایط تخمیر شده است. اردمان و همکاران (۷) بیان کردند اکسید منیزیم محتوای چربی شیر گاوهایی که جیره‌های حاوی کنسانتره بالا را دریافت کردند را از طریق بهبود شرایط شکمبه حفظ می‌کنند.

جدول ۲- تأثیر اثرات متقابل و اصلی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر فراسنجه‌های تولید گاز بر پایه جیره گاو شیری

Table 2- Gas production kinetics of experimental diets containing different DCAD value and K and Mg sources

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	V^2	K^3	$T_{0.5}{}^4$	$G_{0.5}{}^5$	Gas^6
منبع پتاسیم × منبع منیزیم × DCAD PS[7]× MS[8] × DCAD[9]	150 × mc× kcs	102.026^{d}	0.050^{c}	13.832^{c}	50.513^{d}	61.193^{fg}
	250 × mc× kcs	101.053^{d}	0.048^{de}	14.331^{b}	50.526^{d}	60.409^{efghfg}
	350 × mc× kcs	100.146^{d}	0.047^{e}	14.760^{a}	50.073^{d}	59.328^{ghijkg}
	150 × mo× kcs	105.154^{c}	0.052^{b}	13.419^{d}	52.577^{c}	64.405^{c}
	250 × mo× kcs	104.477^{c}	0.046^{e}	14.958^{a}	52.238^{c}	61.539^{def}
	350 × mo× kcs	101.263^{d}	0.047^{e}	14.741^{a}	50.631^{d}	60.102^{fg}
	150 × mc× kc	116.616^{a}	0.054^{a}	12.858^{e}	58.308^{a}	72.741^{a}
	250 × mc × kc	95.134^{e}	0.050^{c}	14.009^{bc}	47.567^{e}	57.273^{h}
	350 × mc× kc	104.580^{c}	0.047^{e}	14.952^{a}	52.290^{c}	61.687^{def}
	150 × mo × kc	110.194^{b}	0.053^{ab}	13.117^{de}	55.097^{b}	68.166^{b}
	250 × mo × kc	99.514^{c}	0.049^{cd}	14.172^{bc}	49.757^{d}	59.663^{fg}
	350 × mo × kc	106.629^{c}	0.049^{de}	14.696^{a}	53.314^{c}	63.556^{cde}
	SEM	0.515	0.0002	0.077	0.257	0.440
سطح معنی‌داری P-value	MS	0.0001	0.896	0.180	0.0001	0.0017
	PS	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	DCAD	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	PS× MS	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
	PS × DCAD	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	MS × DCAD	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	PS× MS × DCAD	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).
[۲] گاز مربوط به سوبسترای دارای پتانسیل تخمیر بر حسب میلی‌لیتر
[۳] نرخ تولید گاز در زمان
[۴] زمان رسیدن به نصف پتانسل تولید گاز برحسب ساعت
[۵] پتانسیل تولید گاز در زمانی که نرخ تجزیه میکروارگانیسم‌ها در حداقل مقدار می باشد
[۶] حجم گاز تولیدی در ۱۲۰ ساعت انکوباسیون
[۷] منبع پتاسیم
[۸] منبع منیزیم
[۹] تعادل آنیون و کاتیون جیره

[1]Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).
[2]Gas related to the substrate with fermentation potential in milliliters
[3]The rate of gas production in time
[4]The time (h) to reach half of the gas production potential
[5]The potential of producing gas at the time rate of microorganism degradation is minimal
[6]The volume of produced gas in 120 hours Incubation
[7]Potassium source
[8]Magnesium Source
[9]Dietary Cation – Anion Difference.

آلکس بچ و همکاران (۴) بیان کردند کردند کـه اکسـید منیـزیم نسبت به کربنات سدیم افزایش بالاتری دارد ولی زمان ماندگاری در محدوده بالا در منبع اکسید منیزیم پایین‌تر می باشد. اثـرات اصـلی DCAD نیز بر روی پارامترهای تخمیر شکمبه‌ای معنـادار مـی‌باشـد (P<0.05). اختلاف کاتیون – آنیون ۱۵۰+ میلی‌اکی‌والان نرخ تخمیر و در نتیجه تولید گاز بالاتری دارد. تببی و همکاران (۲۷) بیان کردند که اکسید منیزیم نسبت به سولفات منیزیم هنگامی که مقدار منیزیم جیره یکسان باشد، منبع مناسب‌تری برای گاو شـیری هسـت. لنـو و همکاران (۱۹) بیان کردند که زیست فراهمی اکسید منیزیم از سـنگ آهک دولومیت بیشتر اسـت. مطالعـات قبلـی نشـان داده کـه جـذب

ظاهری منیزیم در شکمبه به حلالیت منیزیم در شکمبه بر می‌گردد.

تأثیر سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی pH محیط کشت batch culture

بر اساس نتایج بدست آمده به طور کلی اثرات متقابل DCAD، منابع منیزیمی و پتاسیمی بر روی pH محیط کشت و سطح زیر منحنی pH معنی‌دار نبود. سطح زیر منحنی pH تابعی از pH کل می‌باشد. ولی بیشترین pH تولیدی در تیمار حاوی تعادل آنیون – کاتیون ۱۵۰ میلی‌اکی والان تأمین شده از دو منبع کربنات پتاسیم و اکسید منیزیم در زمان ۷۲ ساعت بوده که از نظر آماری معنادار می‌باشد ($P<0.05$). همانطور که در بالا اشاره شد این تیمار به لحاظ تخمیر نیز شرایط مطلوب‌تری را دارا می‌باشد. نتایج شاخص اسیدیته شکمبه نشان داد که در دو منبع مشابه کربنات پتاسیم و اکسید منیزیم افزایش DCAD، شاخص اسیدیته شکمبه را کاهش می‌دهد. اکسید منیزیم سبب تحریک مصرف خوراک و قابلیت هضم ماده خشک و افزایش چربی شیر در طی دوره شیردهی می‌شود. اکسید منیزیم همچنین به واسطه خاصیت بافری که دارد سبب افزایش شاخص اسیدیته شکمبه شده و از بروز اسیدوز در شکمبه جلوگیری می‌کند. آلکس بچ و همکاران (۴) بیان کردند که اکسید منیزیم نسبت به کربنات سدیم افزایش pH بالاتری دارد ولی زمان ماندگاری pH در محدوده بالا در منبع اکسید منیزیم پایین‌تر می باشد. در بین اثرات اصلی اثر منبع منیزیم بر روی pH محیط کشت معنی‌دار نبود؛ ولی منبع پتاسیم اثر معنی‌داری بر روی pH محیط کشت و سطح زیر منحنی pH دارد ($P<0.05$). منبع کربنات پتاسیم pH شکمبه بالاتری نسبت به کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات دارد.

جدول ۳- تأثیر اثرات اصلی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی pH کل، pH در زمان‌های مختلف انکوباسیون و سطح زیر منحنی pH (سانتی‌متر مربع)

Table 3- In vitro ruminal pH related parameters of experimental diets containing different DCAD value and K and Mg sources

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	زمان Time 12	24	48	72	pH کل[۲] Total[2]	سطح زیر منحنی pH Area under the curve of rumen pH
منبع پتاسیم Potassium source	kcs	6.744	6.573	6.590	6.565[b]	6.618[b]	2.206[b]
	kc	6.775	6.580	6.595	6.600[a]	6.637[a]	2.211[a]
	p-value	0.153	0.573	0.689	0.001	0.015	0.044
	SEM	0.015	0.009	0.0088	0.0075	0.005	0.0018
منبع منیزیم Magnesium Source	mc	6.775	6.579	6.590	6.583	6.632	2.210
	mo	6.745	6.574	6.595	6.581	6.624	2.207
	p-value	0.160	0.729	0.722	0.796	0.302	0.283
	SEM	0.015	0.009	0.0088	0.0075	0.005	0.0018
تعادل آنیون و کاتیون جیره DCAD	150	6.785	6.546	6.601	6.854[ab]	6.629	2.208
	250	6.740	6.586	6.587	6.562[b]	6.619	2.207
	350	6.754	6.597	6.590	6.600[a]	6.635	2.211
	p-value	0.223	0.004	0.645	0.018	0.252	0.371
	SEM	0.0184	0.011	0.0108	0.009	0.006	0.0022

[۱]میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[۲] pH کل: تغییرات اسیدیته پس از حذف اثر زمان در کل مدت انکوباسیون در اثر فاکتورهای آزمایشی

[1]Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

[2] Total pH: Acidity changes after removal of the effect of time over the whole incubation time due to experimental factors

هاریسون و همکاران (۱۲) گزارش کردند که افزودن کربنات پتاسیم به جیره باعث بهبود اسیدیته شکمبه و وضعیت اسید و باز حیوان از طریق افزایش غلظت یون پتاسیم، افزایش DCAD و افزایش ظرفیت بافری شده و اثرات منفی جیره‌های حاوی کنسانتره بالا بر روی سنتز چربی شیر را خنثی می‌کند. اثرات سطوح مختلف تعادل آنیون – کاتیون جیره بر روی pH در زمان‌های ۲۴ و ۷۲ اختلاف معنی‌داری دارد ($P<0.05$). با افزایش سطح DCAD جیره در زمان ۱۲ انکوباسیون اختلاف معنی داری بر روی شاخص اسیدیته شکمبه مشاهده نشد. ولی در زمان‌های ۲۴ و ۷۲ با افزایش DCAD، شاخص اسیدیته افزایش یافت.

راش و همکاران (۲۲) بیان کردند که با افزایش DCAD شاخص اسیدیته شکمبه افزایش می‌یابد. با توجه به این که افزایش اختلاف آنیون – کاتیون جیره باعث افزایش ظرفیت بافری شکمبه و خون می‌شود، می‌توان با افزایش تفاوت آنیون – کاتیون جیره در محدوده منطقی از طریق افزایش pH شکمبه و خون، ابتلا به بیماری‌هایی از قبیل اسیدوز را کاهش و مصرف خوراک را افزایش داد

تا در نهایت سلامت دام بهبود و تولید شیر و راندمان تولید مثل افزایش یابد (۲۶). بر اساس نتایج بدست آمده در زمان ۲۴ بیشترین pH شکمبه مربوط به DCAD، ۳۵۰ میلی‌اکی والان و کمترین pH مربوط به DCAD، ۱۵۰ میل‌اکی‌والان می‌باشد. ولی در این زمان بین دو DCAD، ۲۵۰ و ۳۵۰ میلی‌اکی‌والان اختلاف معناداری مشاهده نشد. از طرفی اثرات متقابل دوتایی DCAD و منبع پتاسیم سطح زیر منحنی pH وکل pH در کل ۷۲ ساعت انکوباسیون را تحت تأثیر قرار داد که احتمالاً استفاده از منابع پتاسیمی باعث بهبود شرایط شکمبه‌ای از قبیل تأمین مواد معدنی برای میکروارگانیسم‌ها، تبادل آنیون‌ها و کاتیون‌ها بین میکروارگانیسم‌ها با محیط شکمبه و بهبود pH و در نتیجه افزایش تخمیر شکمبه شده است. ولی اثر متقابل دوتایی منبع منیزیم و DCAD بر روی pH اختلاف معنی‌داری نداشت. کاواس و همکاران (۱۸) بیان کردند که با افزایش کربنات پتاسیم به جیره غلظت آمونیاک شکمبه به صورت خطی کاهش و pH شکمبه به صورت خطی افزایش می‌یابد.

جدول ٤- تأثیر اثرات متقابل دوتایی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی pH کل، pH در زمان‌های مختلف انکوباسیون و سطح زیر منحنی pH (سانتی‌متر مربع)

Table 4- The effect of Two way interaction of different levels of DCAD and cation sources on total pH, pH at different times and area under the pH curve (cm2)

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	زمان Time				pH	
		12	24	48	72	کل[۲] Total[2]	سطح زیر منحنی pH Area under the curve of rumen pH
منبع پتاسیم × منبع منیزیم Potassium source × Magnesium Source	mc× kcs	6.768	6.571	6.578	6.566	6.621	2.207
	mo× kcs	6.721	6.575	6.602	6.653	6.615	2.205
	mc× kc	6.782	6.587	6.603	6.601	6.643	2.213
	mo× kc	6.768	6.573	6.587	6.598	6.632	2.209
	p-value	0.429	0.0489	0.114	0.958	0.722	0.608
	SEM	0.0213	0.012	0.0124	0.0107	0.007	0.0026
منبع پتاسیم × تعادل آنیون و کاتیون جیره Potassium source × DCAD	Kcs*150	6.740	6.532[b]	6.605	6.535[d]	6.603[b]	2.201[b]
	Kcs*250	6.755	6.580[ab]	6.584	6.564[bcd]	6.620[ab]	2.207[ab]
	Kcs*350	6.739	6.607[a]	6.581	6.595[abc]	6.630[ab]	2.210[ab]
	Kc*150	6.830	6.560[ab]	6.596	6.632[a]	6.655[a]	2.215[a]
	Kc*250	6.726	6.593[ab]	6.591	6.560[bcd]	6.618[ab]	2.207[ab]
	Kc*350	6.769	6.587[ab]	6.598	6.606[ab]	6.640[ab]	2.212[ab]
	p-value	0.0824	0.0151	0.694	0.0006	0.0154	0.0268
	SEM	0.0261	0.0156	0.0152	0.0131	0.009	0.0031
منبع منیزیم × تعادل آنیون و کاتیون جیره Source Magnesium × DCAD	mc*150	6.777	6.559	6.623	6.575	6.633	2.210
	mc*250	6.761	6.580	6.582	6.572	6.624	2.208
	mc*352	6.786	6.597	6.566	6.604	6.638	2.212
	mo*150	6.793	6.534	6.579	6.593	6.625	2.205
	Mo*250	6.720	6.592	6.593	6.552	6.614	2.206
	Mo*350	6.721	6.597	6.613	6.597	6.632	2.210
	p-value	0.288	0.492	0.0154	0.339	0.982	0.875
	SEM	0.0261	0.0156	0.0152	0.0131	0.009	0.0031

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[۲] pH کل: تغییرات اسیدیته پس از حذف اثر زمان در کل مدت انکوباسیون در اثر فاکتورهای آزمایشی

[1] Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

[2] Total pH: Acidity changes after removal of the effect of time over the whole incubation time due to experimental factors

جدول ۵- تأثیر اثرات متقابل سه تایی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی pH کل، pH در زمان‌های مختلف انکوباسیون و سطح زیر منحنی pH (سانتی‌متر مربع)

Table 5- The effect of three way interaction of different levels of DCAD and cation sources on total pH, pH at different times and area under the pH curve (cm2)

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	زمان Time 12	24	48	72	pH کل[2] Total[2]	سطح زیر منحنی pH Area under the curve of rumen pH
پتاسیم × منبع منیزیم × DCAD	150 ×mc × kcs	6.730	6.540	6.611	6.535[b]	6.604	2.201
	250 ×mc × kcs	6.815	6.560	6.568	6.561[ab]	6.626	2.208
	350 ×mc × kcs	6.760	6.613	6.555	6.603[ab]	6.632	2.211
	150 × mo× kcs	6.750	6.525	6.600	6.536[b]	6.602	2.200
	250 ×mo × kcs	6.695	6.600	6.600	6.566[ab]	6.615	2.206
	350 ×mo × kcs	6.718	6.601	6.608	6.586[ab]	6.628	2.210
Potassium source × Magnesium Source × DCAD	150 ×mc × kc	6.825	6.578	6.635	6.615[ab]	6.663	2.219
	250 × mc × kc	6.708	6.601	6.596	6.583[ab]	6.622	2.208
	350 ×mc × kc	6.813	6.581	6.578	6.605[ab]	6.644	2.213
	150 × mo × kc	6.836	6.543	6.558	6.650[a]	6.647	2.211
	250 × mo × kc	6.745	6.585	6.586	6.538[b]	6.613	2.206
	350 × mo × kc	6.725	6.593	6.618	6.608[ab]	6.636	2.211
	p-value	0.126	0.445	0.700	0.0026	0.907	0.821
	SEM	0.036	0.022	0.0216	0.0185	0.013	0.0045

[1] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[2] pH کل: تغییرات اسیدیته پس از حذف اثر زمان در کل مدت انکوباسیون در اثر فاکتورهای آزمایشی

[1] Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

[2] Total pH: Acidity changes after removal of the effect of time over the whole incubation time due to experimental factors

جدول (۶) نشان می‌دهد که تجزیه‌پذیری ماده خشک تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی قرار گرفته است. به طور کلی در تیمارهای مختلف با افزایش سطح اختلاف آنیون – کاتیون جیره قابلیت هضم ظاهری ماده خشک به صورت خطی افزایش یافته است. افزایش DCAD باعث افزایش pH و ظرفیت بافری شکمبه شده که خود منجر به افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار تولیدی در شکمبه و بهبود عملکرد شکمبه و افزایش سرعت تجزیه‌پذیری و سرعت عبور بالای تخلیه شکمبه می‌شود. که این خالی شدن شکمبه منجر به افزایش مصرف ماده خشک می‌شود (۱۲). لنو و همکاران (۱۹) بیان کردند که منابع معدنی مختلف با ساختار شیمیایی متفاوت دارای ظرفیت بافری متنوع بوده که تخمیر شکمبه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین نشان دادند که کاهش مقدار منیزیم در جیره مصرف ماده خشک را هم در شرایط درون‌تنی و هم برون‌تنی کاهش می‌دهد. هیو و همکاران (۱۴) با افزایش DCAD جیره افزایش ۰/۴ کیلوگرم ماده خشک را گزارش کردند. اوانیوک و همکاران (۱۵) نشان دادند که افزایش DCAD از ۲۵۷ به ۶۰۳ میلی‌اکی‌والان، مصرف ماده خشک را از ۲۲/۳ به ۲۳/۶ کیلوگرم در روز افزایش می‌دهد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. آپربوسارد و همکاران (۳) بیان کردند که افزایش DCAD با استفاده از منابع کاتیونی از قبیل کربنات پتاسیم مصرف ماده خشک را به صورت خطی افزایش می‌دهد. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر روی قابلیت هضم ماده خشک در جدول (۸) نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش زمان انکوباسیون قابلیت هضم ماده خشک به صورت خطی افزایش یافته است. در زمان ۱۲ انکوباسیون بیشترین قابلیت هضم ماده خشک مربوط به تیمار حاوی DCAD، ۳۵۰ میلی‌اکی‌والان که از دو منبع کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات و کربنات منیزیم تأمین شده می‌باشد. در همین تیمار با افزایش زمان انکوباسیون به ۷۲ ساعت قابلیت هضم ماده خشک افزایش یافته است. کمترین قابلیت هضم در کل زمان انکوباسیون مربوط به تیمار با اختلاف آنیون – کاتیون ۱۵۰ میلی‌اکی‌والان بود که از منابع کربنات پتاسیم و کربنات منیزیم تأمین شده بود. اثرات اصلی نشان دهنده این می‌باشند که در بین منابع پتاسیمی، کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات به طور قابل توجهی قابلیت هضم ماده خشک را افزایش داده است. البته این افزایش تا زمان ۴۸ ادامه داشته و سپس متوقف شده است.

جدول ٦- تأثیر اثرات اصلی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در زمان‌های مختلف انکوباسیون

Table 6- The main effects of different levels of DCAD and cationic sources on the invitro DM digestibility during the ancobation times

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	زمان Time: صفر	12	24	48	72	120
منبع پتاسیم Potassium source	kcs	0.185	0.611a	0.747[a]	0.841[a]	0.868	0.869
	kc	0.185	0.573b	0.707[b]	0.798[b]	0.858	0.859
	p-value	1.000	0.005	0.033	0.0019	0.282	0.865
	SEM	0.002	0.009	0.012	0.009	0.005	0.008
منبع منیزیم magnesium Source	mc	0.185	0.601	0.727	0.824	0.859	0.859
	mo	0.185	0.583	0.727	0.815	0.868	0.869
	p-value	1.000	0.199	1.000	0.47	0.258	0.805
	SEM	0.002	0.009	0.012	0.009	0.005	0.008
تعادل آنیون و کاتیون جیره DCAD	150	0.185	0.558[c]	0.690[b]	0.779[c]	0.853	0.856
	250	0.185	0.602[ab]	0.737[ab]	0.841[a]	0.868	0.869
	350	0.185	0.616[a]	0.754[a]	0.838[ab]	0.869	0.875
	p-value	1.000	0.0022	0.0153	0.0003	0.172	0.128
	SEM	0.003	0.011	0.015	0.011	0.006	0.009

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[1]Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

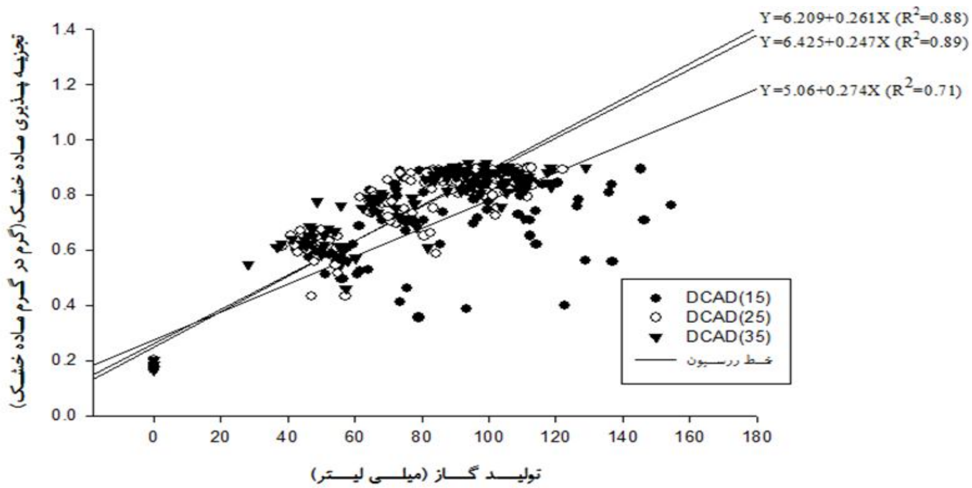
جدول ۷- تأثیر اثرات متقابل دوتایی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در زمان‌های مختلف انکوباسیون

Table 7- The effect of dual interactions DCAD of different levels and cationic sources on the apparent digestibility of dry matter at different incubation times

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	زمان Time: صفر	12	24	48	72	120
منبع پتاسیم × منبع منیزیم Potassium source × Source magnesium	mc× kcs	0.185	0.628[a]	0.758	0.839[ab]	0.865	0.866
	mo× kcs	0.185	0.594[ab]	0.737	0.844[a]	0.871	0.872
	mc× kc	0.185	0.573[b]	0.697	0.810[ab]	0.853	0.857
	mo× kc	0.185	0.572[b]	0.718	0.786[b]	0.866	0.867
	p-value	1.000	0.0212	0.251	0.0165	0.653	0.903
	SEM	0.003	0.013	0.018	0.013	0.007	0.011
منبع پتاسیم × DCAD Potassium source × DCAD	Kcs*150	0.185	0.599[ab]	0.724[abc]	0.823[ab]	0.873	0.875
	Kcs*250	0.185	0.608[ab]	0.752[ab]	0.852[a]	0.864	0.866
	Kcs*350	0.185	0.627[a]	0.765[a]	0.848[ab]	0.867	0.874
	Kc*150	0.185	0.518[b]	0.656[c]	0.753[b]	0.834	0.837
	Kc*250	0.185	0.596[ab]	0.723[abc]	0.830[ab]	0.874	0.876
	Kc*350	0.185	0.604[ab]	0.744[abc]	0.829[ab]	0.871	0.879
	p-value	1.000	0.0002	0.0120	0.0001	0.028	0.579
	SEM	0.004	0.016	0.022	0.016	0.009	0.013
منبع منیزیم × DCAD Source magnesium × DCAD	mc*150	0.185	0.559[b]	0.681	0.788	0.841	0.841
	mc*250	0.185	0.631[a]	0.745	0.845	0.864	0.867
	mc*352	0.185	0.611[ab]	0.756	0.840	0.873	0.879
	mo*150	0.185	0.557b	0.699	0.771	0.865	0.866
	Mo*250	0.185	0.573[ab]	0.730	0.837	0.875	0.876
	Mo*350	0.185	0.620[ab]	0.752	0.837	0.865	0.870
	p-value	1.000	0.0237	0.756	0.919	0.271	0.767
	SEM	0.004	0.016	0.022	0.016	0.009	0.013

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[1]Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).



شکل ۱- رابطه رگرسیون خطی بین تولید از و تجزیه‌پذیری ماده خشک در سطوح مختلف تعادل آنیون – کاتیون جیره گاو شیری

Figure 1- Linear regression between gas production and dry matter degradability in different levels of DCAD in dairy cow's diet

جدول ۸- تأثیر اثرات متقابل سه تایی سطوح مختلف DCAD و منابع کاتیونی بر روی قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در زمان‌های مختلف انکوباسیون

Table 8- The effect of triple interactions DCAD of different levels and cationic sources on the apparent digestibility of dry matter at different incubation times

اثرات Effects	نوع منبع کاتیون یا سطح DCAD Type of cation source or DCAD level	زمان Time صفر	12	24	48	72	120
منبع پتاسیم × منبع منیزیم × DCAD	150 ×mc × kcs	0.185	0.614[ab]	0.741[ab]	0.819[ab]	0.873[ab]	0.875
	250 ×mc × kcs	0.185	0.632[ab]	0.759[ab]	0.845[ab]	0.859[ab]	0.862
	350 ×mc × kcs	0.185	0.639[a]	0.773[a]	0.852[ab]	0.864[ab]	0.876
	150 × mo× kcs	0.185	0.584[ab]	0.708[ab]	0.828[ab]	0.872[ab]	0.875
	250 ×mo × kcs	0.185	0.584[ab]	0.745[ab]	0.860[a]	0.870[ab]	0.870
	350 ×mo × kcs	0.185	0.615[ab]	0.757[ab]	0.844[ab]	0.870[ab]	0.872
Potassium source × Magnesium Source × DCAD	150 ×mc × kc	0.185	0.505[b]	0.621[b]	0.756[ab]	0.810[b]	0.827
	250 × mc × kc	0.185	0.631[ab]	0.730[ab]	0.846[ab]	0.868[ab]	0.869
	350 ×mc × kc	0.185	0.583[ab]	0.740[ab]	0.829[ab]	0.882[a]	0.883
	150 × mo × kc	0.185	0.531[ab]	0.691[ab]	0.715[b]	0.858[ab]	0.859
	250 × mo × kc	0.185	0.561[ab]	0.715[ab]	0.814[ab]	0.880[ab]	0.881
	350 × mo × kc	0.185	0.625[ab]	0.748[ab]	0.830[ab]	0.860[ab]	0.869
	p-value	1.000	0.0059	0.047	0.0042	0.0191	0.853
	SEM	0.006	0.022	0.031	0.022	0.013	0.019

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[1]Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

بنابراین می‌توان اینگونه پیشنهاد نمود که از آنجایی که حلالیت کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات در شکمبه بالاتر است بنابراین احتمالاً اضافه نمودن کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات باعث بهبود شرایط بافری شکمبه می‌شود و منبع فراهم‌تری برای تأمین پتاسیم برای جمعیت میکروبی می‌باشد، قابلیت هضم ماده خشک را افزایش داده است که با نتایج وست و همکاران (۲۸) که گزارش کردند کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات ظرفیت بافری و پاسخ تولیدی بالاتری در مقایسه با بی‌کربنات پتاسیم و بی کربنات سدیم دارد مطابقت دارد. هاریسون و همکاران (۱۲) افزودن کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات به جیره، تولید اسید چرب trans-10 را کاهش

می‌دهد. مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که افزودن کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات به جیره باعث توسعه مسیر غالب بیوهیدروژناسیون اسید چرب شده که به وسیله تشکیل بیشتر اسید چرب trans-11 18:1 مشخص می‌شود. علاوه بر این استفاده از مکمل کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات میزان ایزومرهای نامطلوب CLA نظیر(trans-10,cis-12 CLA) را که تغییر دهنده مسیرهای زیست هیدروژناسیون شکمبه‌اند و باعث سندروم افت چربی شیر می‌شوند را کاهش می‌دهد (۱۶).

شکل (۱) تابعیت گاز تولیدی از تجزیه‌پذیری ماده خشک بین سطوح مختلف DCAD را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار DCAD، ۲۵۰+، ۳۵۰+ میلی‌اکی‌والان بالاترین همبستگی و DCAD، ۱۵۰ میلی‌اکی‌والان کمترین همبستگی را با تجزیه‌پذیری کل ماده خشک دارد. این نتایج نشان می‌دهد که DCAD، ۲۵۰+ و ۳۵۰+ میلی‌اکی‌والان از طریق بهبود شرایط بهینه محیط کشت به نفع جمعیت میکروبی شکمبه باعث افزیش تجزیه‌پذیری ماده خشک و درنتیجه افزایش گاز تولیدی حاصل از تخمیر مواد آلی می‌شود.

نتیجه گیری کلی

از آنجایی که گاز تولیدی ممکن است منشأ بافری داشته و یا گاز متان حاصل از تخمیر باشد، بنابراین نمی‌توان به طور قطعی بیان کرد که گاز تولیدی تابع تجزیه‌پذیری ماده خشک می‌باشد و پارامترهای pH و قابلیت هضم ماده خشک شاخص بهتری جهت بررسی اثرات جیره بین تیمارهای آزمایشی می‌باشد. بر این اساس به نظر می‌رسد کربنات پتاسیم سسکوئی هیدرات و اکسید منیزیم به همراه DCAD ۲۵۰+ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم ماده خشک مکمل مناسبی درجیره گاو شیری هستند. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتری بر روی اثرات DCAD و منابع کاتیونی بر مصرف ماده خشک و pH در حالت اسیدوز، آنزیم‌های شکمبه‌ای، اسیدهای چرب فرار تولیدی و اکوسیستم میکروبی شکمبه انجام شود.

منابع

1- Alfonso-Avila, A. R., E. Charbonneau, P. Y. Chouinard, G. F. Tremblay, and R. Gervais. 2017. Potassium carbonate as a cation source for early-lactation dairy cows fed high-concentrate diets. Journal of Dairy Science, 100(3): 1751-1765.

2- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

3- Apper-Bossard, E., P. Faverdin, F. Meschy, and J. L. Peyraud. 2010. Effects of dietary cation-anion difference on ruminal metabolism and blood acid-base regulation in dairy cows receiving 2 contrasting levels of concentrate in diets. Journal of Dairy Science, 93(9): 4196-4210.

4- Bach, A., I. Guasch, G. Elcoso, J. Duclos, and H. Khelil-Arfa. 2018. Modulation of rumen pH by sodium bicarbonate and a blend of different sources of magnesium oxide in lactating dairy cows submitted to a concentrate challenge. Journal of Dairy Science, 101(11): 9777-9788.

5- Beede. D. 2017. Can we differentiate supplemental magnesium sources nutritionally? In Proc. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, IN : 99-107.

6- Blümmel, M., H. P. S. Makkar., and K. Becker. 1997. In vitro gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77(1-5): 24-34.

7- Erdman, R. A. 1988. Dietary Buffering Requirements of the Lactating Dairy Cow: A Review1. Journal of Dairy Science, 71(12): 3246-3266.

8- Erdman, R. A., R. L. Botts, R. W. Hemken, and L. S. Bull. 1980. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation. Journal of Dairy Science, 63(6): 923-930.

9- Ghiasi, S. E., R. Valizadeh., and A. Naserian. 2015. Effect of oxidized soybean oil against the antioxidant role of pomegranate nucieus on rumen fermentation parameters in laboratory. Iranian Journal of Animal Science Research, 7(3): 244-256. (In Persian)

10- Ghodratnama, A., S. L. Scott, R. J. Seoaneand, and G. S. T. Laurent. 1999. Effect of cation-anion differences and EDTA on performance, ruminal fermentation, blood acid-base Status and Fe availability in grain fed calves. EAAP. 50th Annual Meeting, Zurich.

11- Goff J. P., R. L. Horst, T. A. Reinhardt, and D. R. Buxton. 1997. Preventing milk fever in dairy cattle. Proc. Tri State Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, IN, p. 41.

12- Harrison, J., R. White, R. Kincaid, E. Block, T. Jenkins, and N. St-Pierre. 2012. Effectiveness of potassium carbonate sesquihydrate to increase dietary cation-anion difference in early lactation cows. Journal of Dairy Science, 95(7): 3919-3925.

13- Hu, W., and M. R. Murphy. 2004. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: A meta-analysis. Journal of Dairy Science, 87(7): 2222-2229.

14- Hu, W., L. Kung, and M. R. Murphy. 2007. Relationships between dry matter intake and acid–base status of lactating dairy cows as manipulated by dietary cation–anion difference. Animal Feed Science and Technology, 136(3): 216-225.

15- Iwaniuk, M. E., A. E. Weidman, and R. A. Erdman. 2015. The effect of dietary cation-anion difference concentration and cation source on milk production and feed efficiency in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 98(3): 1950-1960.

16- Jenkins, T. C., W. C. Bridges, J. H. Harrison, and K. M. Young. 2014. Addition of potassium carbonate to continuous cultures of mixed ruminal bacteria shifts volatile fatty acids and daily production of biohydrogenation intermediates. Journal of Dairy Science, 97(2): 975-984.

17- Jenkins, T. C., P. H. Morris, and E. Block. 2012. Role of K on rumen fermentation and milk fat synthesis. In 23rd Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, 175-189.

18- Kawas, J. R., R. García-Castillo, H. Fimbres-Durazo, F. Garza-Cazares, J. F. G. Hernández-Vidal, E. Olivares-Sáenz, and C. D. Lu. 2007. Effects of sodium bicarbonate, and yeast on nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of lightweight lambs fed finishing diets. Small Ruminant Research, 67(2): 149-156.

19- Leno, B. M., LaCount, S. E., Ryan, C. M., Briggs, D., Crombie, M, and Overton, T. R. 2017. The effect of source of supplemental dietary calcium and magnesium in the peripartum period, and level of dietary magnesium postpartum, on mineral status, performance, and energy metabolites in multiparous Holstein cows. Journal of Dairy Science, 100(9): 7183-7197.

20- National Research Council. NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press.

21- Razzaghi, A., H. Aliarabi., M. M. Tabatabaei., A. A. Saki., R. Valizadeh, and P. Zamani. 2012. Effect of Dietary Cation-Anion Difference during Prepartum and Postpartum Periods on Performance, Blood and Urine Minerals Status of Holstein Dairy Cow. Asian-Australian Journal of Animal Science. 25(4): 486-495.

22- Roch, J. R., S. Peth, and J. L. Kay. 2005. Manipulating the dietary cation anion difference via drenching to early lactating dairy cows grazing pasture. Journal of Dairy Science, 88: 264.

23- SAS Institute. 2009. SAS User’s Guide. Version 9.2. SAS Inst. Inc.,Cary , NC.

24- Schofield, P., R. E. Pitt, and A. N. Pell. 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. Journal of Animal Science, 72(11): 2980-2991.

25- Shahzad, M. A., and M. Sarwar. 2007. Nutrient intake, acid base status and growth performance of growing male buffalo calves fed varying level of dietary cation anion difference. Livestock Science, 111(1): 136-143.

26- Siadati, A., Y. Chashnidel, and E. Dirandeh. 2016. Considering dietary cation – anion changes on lactation performance, milk fatty acids profile and mineral concentration of serum in lactating dairy cows during heat stress. Iranian Journal of Animal Science, 113: 3-16.(In Persian)

27- Tebbe, A. W., D. J. Wyatt, and W. P. Weiss. 2017. Effects of magnesium source and monensin on nutrient digestibility and mineral balance in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 101(2): 1152-1163.

28- West, J. W., C. E. Coppock, D. H. Nave, J. M. Labore, L. W. Greene, and T. W. Odom. 1987. Effects of Potassium Carbonate and Sodium Bicarbonate on Rumen Function in Lactating Holstein Cows1. Journal of Dairy Science, 70(1): 81-90.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 2, Summer 2020, p. 181-195

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۹۵-۱۸۱

Effect of dairy cow dietary cation source and DCAD on invitro rumen fermentation parameters

Y. Feizdar barabady[1], S. E. ghiasi[2], M. Bagher montazer torbati[2]
Submitted: 25-02-2019
Accepted: 24-08-2019

Introduction Minerals are an essential component of all biochemical reactions of the animal's body and microorganisms. The difference between specific anions and cations has a greater contribution to the physiological performance of the livestock than their individual effects. In the last decade, several studies have conducted on the use of diet minerals and their interaction on increasing dry matter intake. Recent studies have shown that high-yielding cows in early lactation respond well to raising the level of dietary anion-cation difference in order to increase milk production. Published results are much fluctuated regarding to mineral source and the changes scouring in rumen ecosystem. The aim of this study was to evaluate the effect of DCAD level and cation source on rumen digestion kinetics.

Materials and methods In order to investigate the effects of cation source and dairy cow diet's DCAD level on microbial fermentation properties, the gas production and batch culture experiments were used. The experimental diets were prepared for use in the gas production method based on the metabolic needs of dairy cows using NRC system software. Then, the samples were milled and screened by one-millimeter mesh, and dry matter, crude protein, crude fat, ash, NDF and ADF were determined according to AOAC methods. In addition, the concentration of calcium, sodium, potassium and magnesium elements was determined by atomic absorption spectroscopy method, phosphorus, and sulfur were determined by colorimetric method and chlorine by gravimetry. Finally, the dietary cation-anion difference (DCAD) was calculated based on the Goff equation. The gas production parameters, the time corresponding to half of the maximum produced gas ($t_{0.5}$), rumen acidity and dry matter degradability were measured in a 2 × 2 × 3 factorial experiment. Main factors were included of DCAD (+150, +250 and +350 meq/kg DM), potassium sources (Potassium carbonate (KC)) and Potassium carbonate sesquihydrate (KCS)) and magnesium sources (magnesium oxide (MO) and magnesium carbonate (MC)).

Results and discussion Based on the results, there was a significant difference between treatments in gas production parameters, $t_{0.5}$, ruminal pH and dry matter degradability. Treatment with DCAD of +150 with two sources of KC and MC showed the highest amount of gas produced during 120 hours of incubation, with the highest potential for gas production and the highest gas production rate. In this treatment, since the fermentation rate was higher, $t_{0.5}$ was reduced. The main effects of two sources of potassium have a statistically significant difference, so that potassium carbonate has higher gas production and fermentation rates than potassium carbonate sesquihydrate. The interactions of DCAD, magnesium and potassium sources on the pH of the culture medium and the surface under the pH curve were not significant. Among the main effects, the effect of magnesium source on pH of culture medium was not significant, but the potassium source had a significant effect on pH and the surface under the pH curve, so that the potassium carbonate source had higher ruminal pH than the Potassium carbonate sesquihydrate. There was no significant difference in ruminal acidity with increasing DCAD level during 12 hours of incubation. However, at time 24 and 72, the acidity index increased with increasing DCAD. Dry matter degradation was influenced by different experimental treatments. In general, in different treatments, the apparent digestibility of dry matter has increased linearly with increasing levels of DCAD. The increase in DCAD results in an increase in rumen pH and rumen buffering capacity, which leads to an increase in the concentration of rumen-derived volatile fatty acids and improved rumen function, and increases the degradability. The difference in gas production from dry matter degradation between different levels of DCAD was also statistically significant, So that DCAD +250 and +350 may increase the degradability

1- PhD student of ruminant nutrition, Department of Animal Science, University of Birjand, Birjand, Iran,
2- Assistant Professor of ruminant nutrition, Department of Animal Science, University of Birjand, Birjand, Iran.
(*- Corresponding Author Email: s.e.ghiasi@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i2.79409

of dry matter and consequently, increased gas production by improving the culture medium status. The use of the KCS source reduced the fermentation rate and increased the fermentation time, which increased the digestibility of dry matter.

Conclusion Generally, it can be concluded that DCAD increases the rumen pH and buffering capacity, and therefore the use of KC and MC sources with DCAD +250 levels improves rumen fermentation, But the use of the KCS source specifically increases dry matter intake by supplying potassium for the microbial population and increasing digestibility. Based on this, potassium carbonate sesquihydrate and magnesium oxide with DCAD +250 seems to be an appropriate supplement to dairy cow.

Key words: Anion-cation balance, cationic sources, rumen fermentation, gas production, degradability.